

Patent Abstract

GERMAN 2001-01-04, 19930779 Mikromechanisches Module

INVENTOR(S)- Pinter, Stefan, Dr. 72762 Reutlingen DE
INVENTOR(S)- Schoefthaler, Martin, Dr. 72762 Reutlingen DE
INVENTOR(S)- Illing, Matthias, Dr. 72827 Wannweil DE
INVENTOR(S)- Schellin, Ralf 72768 Reutlingen DE
INVENTOR(S)- Baumann, Helmut, Dr. 72810 Gomaringen DE
INVENTOR(S)- Fehrenbach, Michael 72766 Reutlingen DE
INVENTOR(S)- Schubert, Dietrich, Dr. 72762 Reutlingen DE
INVENTOR(S)- Bischopink, Georg, Dr. 72124 Pliezhausen DE

APPLICANT(S)- Robert Bosch GmbH 70469 Stuttgart DE

PATENT NUMBER- 19930779/DE-A1

PATENT APPLICATION NUMBER- 19930779

DATE FILED- 1999-07-03

DOCUMENT TYPE- A1, DOCUMENT LAID OPEN (FIRST PUBLICATION)

PUBLICATION DATE- 2001-01-04

INTERNATIONAL PATENT CLASS- B81B00300; G01P01502; G01P015125; B81B00300M2B

PATENT APPLICATION PRIORITY- 19930779, A

PRIORITY COUNTRY CODE- DE, Germany, Ged. Rep. of

PRIORITY DATE- 1999-07-03

FILING LANGUAGE- German

LANGUAGE- German NDN- 203-0478-5648-9

The invention creates a micro-mechanical module, especially an acceleration sensor, with one over a first Biegefedereinrichtung (2, 12) on a substratum (4) of springily camped seismic mass (3) which is auslenkbar at least one direction (x) through an acceleration with what the Auslenkung is limitable through an attack equipment. The attack equipment shows camped attack (51) springily over a second Biegefedereinrichtung (50) on the substratum (4) at least one with what the second Biegefedereinrichtung (50) shows a higher Biegesteifigkeit than the first Biegefedereinrichtung (2, 12).

BEST AVAILABLE COPY



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 30 779 A 1**

⑤ Int. Cl.⁷:
B 81 B 3/00
G 01 P 15/02

②① Aktenzeichen: 199 30 779.2
②② Anmeldetag: 3. 7. 1999
④③ Offenlegungstag: 4. 1. 2001

DE 199 30 779 A 1

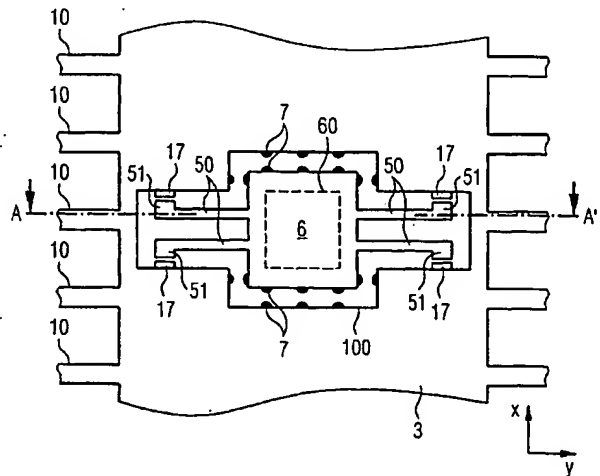
⑦① Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:
Pinter, Stefan, Dr., 72762 Reutlingen, DE;
Schoefthaler, Martin, Dr., 72762 Reutlingen, DE;
Illing, Matthias, Dr., 72827 Wannweil, DE; Schellin,
Ralf, 72768 Reutlingen, DE; Baumann, Helmut, Dr.,
72810 Gomaringen, DE; Fehrenbach, Michael,
72766 Reutlingen, DE; Schubert, Dietrich, Dr., 72762
Reutlingen, DE; Bischopink, Georg, Dr., 72124
Pliezhausen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Mikromechanisches Bauelement

⑤① Die Erfindung schafft ein mikromechanisches Bauelement, insbesondere einen Beschleunigungssensor, mit einer über eine erste Biegefedereinrichtung (2, 12) auf einem Substrat (4) federnd gelagerten seismischen Masse (3), welche durch eine Beschleunigung in mindestens einer Richtung (x) auslenkbar ist, wobei die Auslenkung durch eine Anschlagseinrichtung begrenzt ist. Die Anschlagseinrichtung weist mindestens einen über eine zweite Biegefedereinrichtung (50) auf dem Substrat (4) federnd gelagerten Anschlag (51) auf, wobei die zweite Biegefedereinrichtung (50) eine höhere Biegesteifigkeit als die erste Biegefedereinrichtung (2, 12) aufweist.



DE 199 30 779 A 1

Beschreibung

STAND DER TECHNIK

Die vorliegende Erfindung betrifft ein mikromechanisches Bauelement, insbesondere einen Beschleunigungssensor, mit einer über eine erste Biegefedereinrichtung auf einem Substrat federnd gelagerten seismischen Masse, welche durch eine Beschleunigung in mindestens einer Richtung auslenkbar ist, wobei die Auslenkung durch eine Anschlagseinrichtung begrenztbar ist.

Obwohl auf beliebige mikromechanische Bauelemente und Strukturen, insbesondere Sensoren und Aktuatoren, anwendbar, werden die vorliegende Erfindung sowie die ihr zugrundeliegende Problematik in bezug auf einen in der Technologie der Silizium-Oberflächenmikromechanik herstellbaren mikromechanischen Beschleunigungssensor erläutert.

Beschleunigungssensoren, und insbesondere mikromechanische Beschleunigungssensoren in der Technologie der Oberflächen- bzw. Volumenmikromechanik, gewinnen immer größere Marktsegmente im Kraftfahrzeugausstattungs- und ersetzen in zunehmendem Maße die bisher üblichen piezoelektrischen Beschleunigungssensoren.

Die bekannten mikromechanischen Beschleunigungssensoren funktionieren üblicherweise derart, daß die federnd gelagerte seismische Masseneinrichtung, welche durch eine externe Beschleunigung in mindestens eine Richtung auslenkbar ist, bei Auslenkung eine Kapazitätsänderung an einer damit verbundenen Differentialkondensatoreinrichtung bewirkt, die ein Maß für die Beschleunigung ist.

Es sind insbesondere Beschleunigungssensoren bekannt, bei denen die Auslenkung der seismischen Masse durch einen festen Anschlag begrenztbar ist, der beispielsweise in einer Aussparung der seismischen Masse untergebracht ist.

Als nachteilhaft bei den bekannten Beschleunigungssensoren hat sich die Tatsache herausgestellt, daß die seismische Masse als Mittelelektrode an solchen festen Anschlägen nach Überlast-Beschleunigungen aufgrund von Adhäsionskräften und/oder aufgrund von elektrostatischen Kräften, welche von Aufladungen herrühren, haften bleiben kann, da die Rückstellkraft der Federn zu gering ist.

Andererseits würde eine Erhöhung der Rückstellkraft der Federn die Meßempfindlichkeit nachteilig beeinflussen.

VORTEILE DER ERFINDUNG

Das erfindungsgemäße mikromechanische Bauelement mit den Merkmalen des Anspruchs 1 weist den Vorteil auf, daß die federnd gelagerten mechanischen Anschläge das Haftbleiben der seismischen Masse an den Anschlägen wirksam verhindern.

Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Idee besteht darin, daß die Anschlagseinrichtung mindestens einen über eine zweite Biegefedereinrichtung auf dem Substrat federnd gelagerten Anschlag aufweist. Zweckmäßigerweise weist die zweite Biegefedereinrichtung eine höhere Biegesteifigkeit als die erste Biegefedereinrichtung auf, ist also eine "harte" Feder.

In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des in Anspruch 1 angegebenen mikromechanischen Bauelements.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung weist die Anschlagseinrichtung mindestens einen fest auf dem Substrat gelagerten Anschlag auf. Somit hat man eine Kombination von einem federnden und einem festen Anschlag.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist der auf dem Substrat federnd gelagerte Anschlag über die

zweite Biegefedereinrichtung mit dem fest auf dem Substrat gelagerten Anschlag verbunden ist. Dadurch ist keine zusätzliche Substratverankerung für den federnd gelagerten Anschlag erforderlich.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist die Anschlagseinrichtung in einer Aussparung in der seismischen Masse vorgesehen. Dies erspart Platz und ermöglicht eine geschützte Unterbringung der Anschlagseinrichtung.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist die Anschlagseinrichtung derart gestaltet, daß bei einem ersten Auslenkungsbetrag der federnd gelagerte Anschlag in Wirkung tritt und bei einem zweiten Auslenkungsbetrag der fest gelagerte Anschlag, wobei der erste Auslenkungsbetrag kleiner als der zweite Auslenkungsbetrag ist. Somit wird die seismische Masse zuerst abgebremst, bevor sie an den festen Anschlag gerät, wo sie abrupt gestoppt wird. Dabei sollte die Vorspannung der elastischen Anschläge so dimensioniert sein, daß ein Haftbleiben verhindert ist.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung weist die Anschlagseinrichtung einen oder mehrere Vorsprünge auf, auf die die Anschlagswirkung konzentriert ist. Dies reduziert die Gefahr der Haftbleibens weiter, da die Auflagefläche auf wenige Punkte limitiert ist.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist der Abstand der Vorsprünge im Bereich des oder der federnd gelagerten Anschläge geringer als im Bereich des oder der fest gelagerten Anschläge.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung weist die die Anschlagseinrichtung einen fest auf dem Substrat in einer Aussparung in der seismischen Masse gelagerten Anschlag auf, von dem sich die zweite Biegefedereinrichtung in eine Aussparung einer seitlich daran angebrachten beweglichen Elektrode erstreckt, wobei der federnd gelagerte Anschlag im wesentlichen am Ende der zweiten Biegefedereinrichtung vorgesehen ist. Dies hat den Vorteil, daß die zweite Biegefedereinrichtung länger gestaltet werden kann, und daher ihre Biegesteifigkeit genauer einstellbar ist.

ZEICHNUNGEN

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Aufsicht auf einen Beschleunigungssensor gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 einen Querschnitt durch den Beschleunigungssensor nach Fig. 1 entlang der Linie A-A';

Fig. 3 eine Aufsicht auf einen Beschleunigungssensor gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

Fig. 4 eine Aufsicht auf einen bekannten Beschleunigungssensor;

Fig. 5 die Masseanschlüsse 6 der Fig. 4 in vergrößerter Darstellung;

Fig. 6 einen Querschnitt durch den Beschleunigungssensor nach Fig. 4 entlang der Linie III-III'; und

Fig. 7 einen Querschnitt durch den Beschleunigungssensor nach Fig. 4 entlang der Linie IV-IV.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten.

Zur näheren Erläuterung der der Erfindung zugrundeliegenden Problematik wird zuerst mit Bezug auf Fig. 4 bis 6 der Aufbau eines bekannten Beschleunigungssensors näher erläutert.

In der Fig. 4 ist eine Aufsicht auf einen bekannten Beschleunigungssensor und den Fig. 5 und 6 sind Querschnitte durch den Beschleunigungssensor nach Fig. 4 entlang der Linien III bzw. IV gezeigt.

Der in der Fig. 4 gezeigte Beschleunigungssensor 1 ist auf einem in der Fig. 4 nicht dargestellten Substrat 4 angeordnet, welches jedoch in den Querschnitten der Fig. 5 und 6 dargestellt ist.

Der Beschleunigungssensor 1 weist ein Federmassesystem auf, welches aus Federelementen 2 und einer seismischen Masse 3 gebildet ist. Wie in der Fig. 4 zu erkennen ist, ist das Federelement 2 aus einer Vielzahl von Teilfederelementen 12 aufgebaut. Die seismische Masse 3 ist durch mehrere Verbindungsstege 13 mit einem ersten dieser Teilfederelemente 12 verbunden. Die Teilfederelemente 12 sind entweder jeweils an ihren äußeren Enden oder in ihrer Mitte durch Verbindungsstege 13 verbunden. Ausgehend von der seismischen Masse 3 ist ein erstes Teilfederelement 12 mittels dreier Verbindungsstege 13 in der Mitte des Teilfederelements 12 mit der seismischen Masse 3 verbunden. Dieses erste Teilfederelement 12 ist dann mittels Verbindungsstege 13, die im äußeren Bereich der Teilfederelemente liegen, mit einem zweiten Teilfederelement 12 verbunden, welches dann mittels dreier Verbindungsstege in der Mitte mit einem dritten Teilfederelement verbunden ist. Das dritte Teilfederelement 12 ist dann durch äußere Verbindungsstege 13 mit einem vierten Teilfederelement 12 verbunden, welches durch Verbindungsstege 13 in der Mitte mit einem Lager 8 verbunden ist.

Ein Lager 8 ist fest mit dem Substrat 4 verbunden, wie dieser beispielsweise in der Fig. 7 zu erkennen ist.

In der Fig. 7 wird ein Querschnitt durch das Lager 8 gezeigt, welches durch die Schichten 21 und 20 fest mit dem Substrat 4 verbunden ist. Die genaue Funktion der Schichten 21 und 20 werden noch später genauer erläutert.

Weiterhin zeigt die Fig. 7 noch einen Querschnitt durch die Teilfederelemente 12 und durch Teile der seismischen Masse 3. Wie in der Fig. 7 klar zu erkennen ist, sind die Teilfederelemente 12 und die seismische Masse 3 mechanisch, nicht unmittelbar, mit dem Substrat 4 verbunden, sondern weisen einen Abstand zum Substrat 4 auf. Die Teilfederelemente 12 und die seismische Masse 3 sind ausschließlich über das Lager 8 mechanisch mit dem Substrat 4 verbunden. Diese Teile können daher auch durch einwirkende Beschleunigungskräfte relativ zum Substrat verschoben werden. Durch entsprechende Auslegung der Steifigkeit der Federelemente wird dabei die Empfindlichkeit gegenüber Beschleunigungskräften eingestellt.

Wie in der Aufsicht der Fig. 4 zu erkennen ist, ist die seismische Masse 3 an zwei Seiten mittels Federelementen 2 an Lagern 8 befestigt. Die Federelemente 2 weisen dabei Teilfederelemente 12 auf, die in Y-Richtung sehr lang sind und somit in X-Richtung eine geringe Steifigkeit aufweisen. Es wird so sichergestellt, daß bei kleinen Beschleunigungen in X-Richtung eine Auslenkung der Federelemente 12 bzw. der seismischen Masse 3 erfolgt. An der seismischen Masse 3 sind eine Vielzahl von beweglichen Elektroden 10 befestigt, die beispielsweise, wie in der Fig. 4 gezeigt wird, senkrecht zur X-Richtung ausgerichtet sind. Parallel zu diesen beweglichen Elektroden 10 sind feststehende Elektroden 11 vorgesehen, die jeweils durch ein Lager 8 fest mit dem Substrat 4 verbunden sind. In der Fig. 4 wird aus Vereinfachungsgründen nur eine einzige dieser feststehenden Elektroden 11 mit einem dazugehörigen Lager 8 gezeigt. Weiterhin werden in der Fig. 4 nur einige wenige bewegliche Elektroden 10 gezeigt, die nur für die linke Seite der seismischen Masse 3 vollständig dargestellt sind. Auch dies erfolgt aus Gründen der Vereinfachung.

Die beweglichen Elektroden 10 und die feststehenden Elektroden 11 sind elektrisch gegeneinander isoliert und bilden so Plattenkondensatoren, deren Kapazität sich in Abhängigkeit von der in X-Richtung wirkenden Beschleunigung ändern. Durch Messung der Kapazität kann so die Beschleunigung gemessen werden.

Auf Grund der langen Ausdehnung der Teilfederelemente 12 in Y-Richtung, weisen die Federelemente 2 in X-Richtung eine sehr geringe Steifigkeit auf. Weiterhin ist auch die Steifigkeit in Z-Richtung, d. h. senkrecht zum Substrat 4, nur gering. Da ein Beschleunigungssensor der beispielsweise für ein Meßbereich bis zur einfachen Erdbeschleunigung ausgelegt ist, auch sehr große Stoßbeschleunigungen tolerieren muß, sind eine Vielzahl von Anschlägen vorgesehen. Wie in der Fig. 4 zu erkennen ist, sind innerhalb der seismischen Masse 3 Masseanschlätze 6 vorgesehen, die die Auslenkungen der seismischen Masse 3 parallel zum Substrat in X-Richtung und in Y-Richtung beschränken. Die Federelemente 2 sind weiterhin noch von Federansschlägen 5 umgeben, die ausgehend von den Lagern 8 sich von allen Seiten um die Teilfederelemente 12 herum erstrecken.

In der Fig. 5 sind die Masseanschlätze 6 der Fig. 4 vergrößert dargestellt. Bei den Masseanschlätzen 6 handelt es sich um Strukturen, die fest mit dem Substrat 4 verbunden sind, wie dies beispielsweise in der Fig. 7 im Querschnitt dargestellt wird. Wie in der Fig. 5 zu erkennen ist, werden die Masseanschlätze 6 vollständig von der seismischen Masse 3 umgeben, so daß durch die Masseanschlätze 6 die Bewegungen der seismischen Masse 3 in jeder Richtung parallel zum Substrat 4, d. h. in X- und Y-Richtung beschränkt wird.

Sowohl in der seismischen Masse 3 wie auch in den Masseanschlätzen 6 sind Vorsprünge 7 angeordnet durch die sichergestellt wird, daß es dabei nur an einzelnen Punkten, nämlich nur an den Vorsprüngen 7, zu einem Kontakt zwischen der seismischen Masse 3 und den Anschlägen 6 kommt. Der Abstand der Vorsprünge ist insbesondere in X-Richtung dabei so gewählt, daß er maximal 1/2 bis 3/4 des Abstandes zwischen den beweglichen Elektroden 10 und den feststehenden Elektroden 11 beträgt.

Die Funktions- und Wirkungsweise der Federanschlätze 5 wird nun anhand der Fig. 6 näher erläutert. Die Fig. 6 zeigt einen Querschnitt, durch den Sensor nach der Fig. 4 entlang der Linie III-III. Wie in der Fig. 6 zu erkennen ist, handelt es sich bei den Federanschlätzen 5 im Vergleich zu den Teilfederelementen 12 mechanisch vergleichsweise stabile Strukturen, die über Verbindungsschichten 21 und 20 fest mit dem Substrat 4 verbunden sind. Die Federanschlätze 5 sind daher fest mit dem Substrat 4 verbunden und sind von ihrer mechanischen Ausgestaltung auch so, daß sie größere Kräfte ohne nennenswerte Verformung aufnehmen können. Wie im Querschnitt durch die Fig. 6 ebenfalls zu erkennen ist, sind die Teilfederelemente 12 in X-Richtung relativ schlank ausgebildet. Bei einer starken Beschleunigung in X-Richtung werden daher die Federelemente 12 stark verformt und bei entsprechend starken Beschleunigungskräften seitlich gegen einen der Federanschlätze 5 gedrückt. Eine weitere Verformung der Teilfederelemente 12 wird jedoch verhindert, da ihre weitere Bewegung durch die mechanisch starren Federanschlätze 5 begrenzt wird. Die Federanschlätze schützen daher die Federelemente vor zu starken Verformungen und vor Bruch oder plastischen Verformungen. Durch die Ausbildung der Federanschlätze 5 in der gleichen Höhe wie die Teilfederelemente 12 wird sichergestellt, daß die Federanschlätze 5 diese Funktion auch noch wahrnehmen können, wenn gleichzeitig Beschleunigungskomponenten in Z- und X-Richtung vorliegen.

Die Komponenten des Beschleunigungssensors 1 wie Lager 8, Federelemente 2, seismische Masse 3, bewegliche

Elektroden 10 und feststehende Elektroden 11 sind aus einem leitenden Material ausgebildet. Es wird so ermöglicht, durch Kontaktierung der Lager 8, sowohl der Lager 8 der feststehenden Elektroden 11 wie auch der Lager 8 an denen die Federelemente 2 befestigt sind, eine Messung des Sensorsignals vorzunehmen. Als leitendes Material kommt dann neben Metall insbesondere Silizium in Frage, da sich Silizium mit gut bekannten Methoden aus der Halbleiterherstellung bearbeiten läßt. Üblicherweise nimmt man dann für derartige Sensoren auch ein Substrat 4 aus Silizium, da ein derartiges Substrat vom thermischen Ausdehnungskoeffizient gut an das Silizium des Sensors angepaßt ist. Unter der Voraussetzung, daß die Sensoren aus Silizium bestehen, und auch das Substrat 4 aus Silizium besteht, wird in der Fig. 6 ein Zweischichtiger Aufbau für die Verbindungsschichten zwischen dem Sensor und dem Substrat 4 dargestellt. Die untere Schicht 20 besteht aus einem isolierenden Material wie beispielsweise Siliziumoxid, Siliziumnitrid, einem Glas oder einem Mischmaterial aus den vorgenannten Materialien. Für die zweite Schicht 21 wird hier eine Leitschicht, insbesondere aus stark dotiertem Polysilizium vorgesehen sind. Durch diese Schicht wird sichergestellt, daß die Federanschlüsse 5 auf den gleichen Potential liegen, wie das Lager 8 und auch die Teilfederelemente 12. Weiterhin haben sich diese Schichten als hervorragende mechanische Befestigungsschichten bewährt.

In der Fig. 7 wird ein Querschnitt entlang der Linie IV der Fig. 4 gezeigt. Die Fig. 7 zeigt einen Querschnitt durch ein Lager 8, durch vier Teilelemente 12, einen Bereich der seismischen Masse 3 und durch einen Masseanschlag 6. Die Isolationsschicht 20 und die Leitschicht 21 erstreckt sich ausgehend vom Lager 8 unterhalb der Teilfederelemente 12, und der seismischen Masse 3 bis zum Masseanschlag 6. Der Masseanschlag 6 ist so mechanisch fest mit dem Substrat 4 verbunden. Durch die durchgehende Verbindungsschicht 21, die in der Art einer Leiterbahn ausgebildet ist, wird ein elektrischer Kontakt zwischen dem Lager 8 und dem Masseanschlag 6 hergestellt. Es wird so sichergestellt, daß auch der Masseanschlag 6 auf dem gleichen Potential liegt, wie die sie umgebende seismische Masse 3 und es werden so elektrostatische Anziehungskräfte zwischen dem Masseanschlag 6 und der seismischen Masse 3 vermieden.

Weiterhin bildet die Leitschicht 21 in der Fig. 7 einen Anschlag für die seismische Masse unter die Teilelemente 12 in Z-Richtung, durch die die Bewegung der seismischen Masse 3 bzw. der Federelemente 2 in Richtung auf das Substrat 4 hin beschränkt wird. Wesentlich ist dabei, daß die in der Fig. 7 gezeigte Leitschicht 21 bzw. Isolationsschicht 20 nur einen Teil der Oberfläche der Substrat 4 bedeckt, so daß die Kontaktfläche zwischen der seismischen Masse 3 und der Schicht 21 gering ist. Es wird so sichergestellt, daß auf Grund der geringen Berührungsfläche keine nennenswerten Adhäsionskräfte auftreten können. Da die Leitschicht 21 auf dem gleichen Potential wie das Lager 8 liegt, werden dadurch auch keine elektrostatischen Anziehungskräfte zwischen dieser Schicht 21 und der seismischen Masse 3 erzeugt. Die Schicht 21 bildet somit zusammen mit der Schicht 20 einen Anschlag mit dem ein unmittelbarer Kontakt der seismischen Masse 3 mit dem Substrat 4 verhindert wird. Durch die isolierende Schicht 20 wird dabei sichergestellt, daß keine elektrischer Kurzschluß zwischen der seismischen Masse 3 und dem Substrat 4 gebildet wird.

In der Fig. 7 wird die Leitschicht 21 und die Isolationsschicht 20 in der Form einer Leiterbahn dargestellt, die das Lager 8 und den Masseanschlag 6 miteinander verbindet. Ebensooot können die Schichten 21 und 20 auch unter anderen Bereichen der seismischen Masse 3 angeordnet werden, sofern die Gesamtfläche deutlich geringer ist, als die Fläche

der seismischen Masse 3 und ein elektrischer Kontakt zum Lager 8 aufrechterhalten wird.

Die in der Fig. 3 gezeigten Federelemente die jeweils aus mehreren Teilfederelementen 12 aufgebaut sind, werden jeweils durch mehrere Verbindungsstege 13 miteinander verbunden. Durch die Verwendung von mehrfachen Verbindungsstegen 13 wird eine große Bruchfestigkeit dieser Verbindungen der einzelnen Teilfederelemente gewährleistet.

Jetzt wird eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf Fig. 1 und 2 näher erläutert. Dabei zeigt Fig. 1 eine Aufsicht auf den Beschleunigungssensor gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und Fig. 2 einen Querschnitt durch den Beschleunigungssensor nach Fig. 1 entlang der Linie A-A'.

In Fig. 1 und 2 bezeichnen zusätzlich zu den bereits eingeführten Bezugszeichen 17 Vorsprünge, 50 Federelemente der zweiten Biegefedereinrichtung, 51 einen Anschlag in Form eines verdickten Endes der Federelemente 50, 60 einen Verankerungsbereich des Masseanschlages 6 und 100 eine Aussparung der seismischen Masse 3.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 1 ist in der seismischen Masse 3 die Aussparung 100 vorgesehen, welche sowohl den bekannten festen Anschlag 6 beherbergt, als auch vier federnd gelagerte Anschläge 51. Die federnd gelagerten Anschläge 51 sind einteilig mit dem festen Anschlag 6 ausgebildet, und zwar in Form von davon ausgehenden Biegefedern 50, welche sich jeweils paarweise nach links bzw. rechts erstrecken. Der eigentliche Anschlag ist dabei ein Vorsprung bzw. eine Verdickung am Ende der jeweiligen Biegefeder 50. Die Biegesteifigkeit der Biegefedern 50 liegt um Größenordnungen, nämlich zweckmäßigerweise um einen Faktor 1 bis 1000, über der insgesamt wirksamen Biegesteifigkeit aller Teilfederelemente 12 der ersten Biegefedereinrichtung, mittels derer die seismische Masse federnd über dem Substrat 4 aufgehängt ist.

Die vorliegende Anordnung der federnd gelagerten Anschläge 51 ist insofern vorteilhaft, als daß Überlast-Beschleunigungen mit unterschiedlichen Vorzeichen beiderseits abgefangen werden können. Die Vorsprünge 7 an der seismischen Masse 3 bzw. den festen Anschlag 6 entsprechen denen, die aus Fig. 3 und 4 bekannt sind. Die zusätzlichen Vorsprünge 17, welche den Verdickungen an den Enden der Biegefedern 50 gegenüberliegen, sind derart dimensioniert, daß der Abstand im Bereich der federnd gelagerten Anschläge geringer ist als der Abstand in dem Bereich der Vorsprünge 7 der festen Anschläge 6. Bei diesem Ausführungsbeispiel beträgt das Verhältnis des Abstandes der federnd gelagerten Anschläge zum Abstand der festen Anschläge 0,6 bzw. 0,8. Im Rahmen der technischen Randbedingungen sind grundsätzlich sämtliche Werte kleiner 1 möglich.

Wenn im Betrieb des derart aufgebauten Beschleunigungssensors eine übermäßige Beschleunigung in Richtung der X-Achse auftritt, wird die seismische Masse 3 gemäß Fig. 1 nach "oben" ausgelenkt. Dabei berühren zunächst ab einem ersten Auslenkungsbetrag die beiden unteren Vorsprünge 17 die federnd gelagerten Anschläge 51. Daraufhin werden die beiden unteren Biegefedern 50 nach oben ausgelenkt und bauen eine entsprechende Rückstellkraft aus. Bei weiterer Auslenkung wird ein Auslenkungsbetrag erreicht, an dem die Vorsprünge 7 der seismischen Masse 3 bzw. des festen Anschlages 6 einander kontaktieren. An diesem Punkt ist die Bewegung in X-Richtung endgültig gestoppt, und die in den Biegefedern 50 angesammelte Rückstellkraft erreicht ihren höchsten Wert. Dieser Wert der Rückstellkraft ist entsprechend der größeren Biegesteifigkeit als derjenigen der ersten Biegefedereinrichtung größer als der Wert der Rückstellkraft der ersten Biegefedereinrichtung. Diese

Rückstellkraft ist so bemessen, daß ein Haftenbleiben der Vorsprünge 7 aneinander verhindert ist. Läßt die Beschleunigung in X-Richtung nach, so wird die seismische Masse unter der Wirkung der Biegefedern 50 in negativer X-Richtung beschleunigt, wodurch zunächst der Kontakt der Vorsprünge 7 wegfällt. Im weiteren Verlauf der Bewegung wird die seismische Masse 3 in negativer X-Richtung weiter beschleunigt, und schließlich löst sich auch der Kontakt zwischen den Vorsprüngen 17 und den Anschlägen 51.

Diese Ausführungsform ermöglicht eine potentialfreie in Erfassungsrichtung des Beschleunigungssensors federnd gelagerte mechanische Anschläge 51, welche ein Haftenbleiben der seismischen Masse an den Anschlägen wirksam verhindern kann.

Zum Herstellungsprozeß sei erwähnt, daß die Anschläge in der Chipebene bzw. in der Erfassungsrichtung dadurch realisiert werden, daß man in den vorgegebenen Bereichen die seismische Masse 3 ausspart und auf dem vergrabenen polykristallinen Silizium über Fenster in einer Opferoxidschicht epitaktisch verstärktes Silizium anbringt. Dieses enthält die Vorsprünge bzw. Anschlagshöcker, die durch die entsprechenden Vorsprünge an der seismischen Masse ergänzt werden. Der Abstand der Vorsprünge ist, wie gesagt, zweckmäßigerweise kleiner als der Abstand der Elektroden bzw. der Biegebalkenelemente. Typischerweise liegt der Abstand bei 1/2 bis 3/4 des Elektrodenabstandes.

Fig. 3 zeigt eine Aufsicht auf einen Beschleunigungssensor gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Bei dieser Ausführungsform wird die federnde Wirkung der zweiten Biegefedereinrichtung, welche hier mit 50' bezeichnet ist, dadurch unterstützt, daß der Anschlag 61, welcher sich an deren Ende befindet, weiter weg von der Mittelachse der seismischen Masse 3 verschoben ist, also quer zur Detektionsrichtung im Bereich der beweglichen Elektroden 10' verbreitert.

Die Anschlagseinrichtung weist wie bei der ersten Ausführungsform den fest auf dem Substrat 4 in einer Aussparung 100 in der seismischen Masse 3 gelagerten Anschlag 6 auf.

Von diesem Anschlag 6 ausgehend erstreckt sich die zweite Biegefedereinrichtung 50' in eine Aussparung 15 einer seitlich an der seismischen Masse 3 angebrachten beweglichen Elektrode 10'. Der federnd gelagerte Anschlag 61 ist am Ende der zweiten Biegefedereinrichtung 50' vorgesehen und wirkt mit in der Aussparung 15 vorgesehenen Vorsprüngen 27 zusammen. Ansonsten sind Funktion und Aufbau gleich wie bei der obigen ersten Ausführungsform.

Durch die Ausgestaltung gemäß dieser weiteren Ausführungsform existieren zur Auslegung der zweiten Biegefedereinrichtung 50' keine durch die Breite der seismischen Masse 3 vorgegebenen Randbedingungen.

Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

In den obigen Beispielen ist der erfindungsgemäße Beschleunigungssensor in einfachen Formen zur Erläuterung seiner Grundprinzipien erläutert worden. Kombinationen der Beispiele und wesentlich kompliziertere Ausgestaltungen unter Verwendung derselben Grundprinzipien sind selbstverständlich denkbar.

Obwohl bei der gezeigten Ausführungsform die federnd gelagerten Anschläge nur an zwei Seiten des festen Anschlages vorgesehen waren, sind selbstverständlich kompliziertere Anordnungen, z. B. mit federnd gelagerten Anschlägen auf allen Seiten des festen Anschlages, vorstellbar.

Weiterhin müssen die federnd gelagerten Anschläge nicht

über den festen Anschlag mit den Substrat 4 verbunden sein, sondern es ist ebenfalls möglich, dafür separate Verankerungen vorzusehen. Auch kann unter Umständen der feste Anschlag ganz weggelassen werden.

Es können auch beliebige mikromechanische Grundmaterialien verwendet werden, und nicht nur das exemplarisch angeführte Siliziumsubstrat.

Patentansprüche

1. Mikromechanisches Bauelement, insbesondere Beschleunigungssensor, mit einer über eine erste Biegefedereinrichtung (2, 12) auf einem Substrat (4) federnd gelagerten seismischen Masse (3), welche durch eine Beschleunigung in mindestens einer Richtung (x) auslenkbar ist, wobei die Auslenkung durch eine Anschlagseinrichtung begrenztbar ist; **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anschlagseinrichtung mindestens einen über eine zweite Biegefedereinrichtung (50, 50') auf dem Substrat (4) federnd gelagerten Anschlag (51, 61) aufweist, wobei die zweite Biegefedereinrichtung (50, 50') eine höhere Biegesteifigkeit als die erste Biegefedereinrichtung (2, 12) aufweist.

2. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlagseinrichtung mindestens einen fest auf dem Substrat (4) gelagerten Anschlag (6) aufweist.

3. Mikromechanisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der auf dem Substrat (4) federnd gelagerte Anschlag (51, 61) über die zweite Biegefedereinrichtung (50, 50') mit dem fest auf dem Substrat (4) gelagerten Anschlag (6) verbunden ist.

4. Mikromechanisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlagseinrichtung in einer Aussparung (100) in der seismischen Masse (3) vorgesehen ist.

5. Mikromechanisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlagseinrichtung derart gestaltet ist, daß bei einem ersten Auslenkungsbetrag der federnd gelagerte Anschlag (51) in Wirkung tritt und bei einem zweiten Auslenkungsbetrag der fest gelagerte Anschlag (6), wobei der erste Auslenkungsbetrag kleiner als der zweite Auslenkungsbetrag ist.

6. Mikromechanisches Bauelement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlagseinrichtung einen oder mehrere Vorsprünge (7, 17, 27, 51) aufweist, auf die die Anschlagswirkung konzentriert ist.

7. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der Vorsprünge im Bereich des oder der federnd gelagerten Anschläge (51, 61) geringer ist als im Bereich des oder der fest gelagerten Anschläge (6).

8. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlagseinrichtung einen fest auf dem Substrat (4) in einer Aussparung (100) in der seismischen Masse (3) gelagerten Anschlag (6) aufweist, von dem sich die zweite Biegefedereinrichtung (50') in eine Aussparung (15) einer seitlich daran angebrachten beweglichen Elektrode (10') erstreckt, wobei der federnd gelagerte Anschlag (61) im wesentlichen am Ende der zweiten Biegefedereinrichtung (50') vorgesehen ist.

- Leerseite -

FIG 1

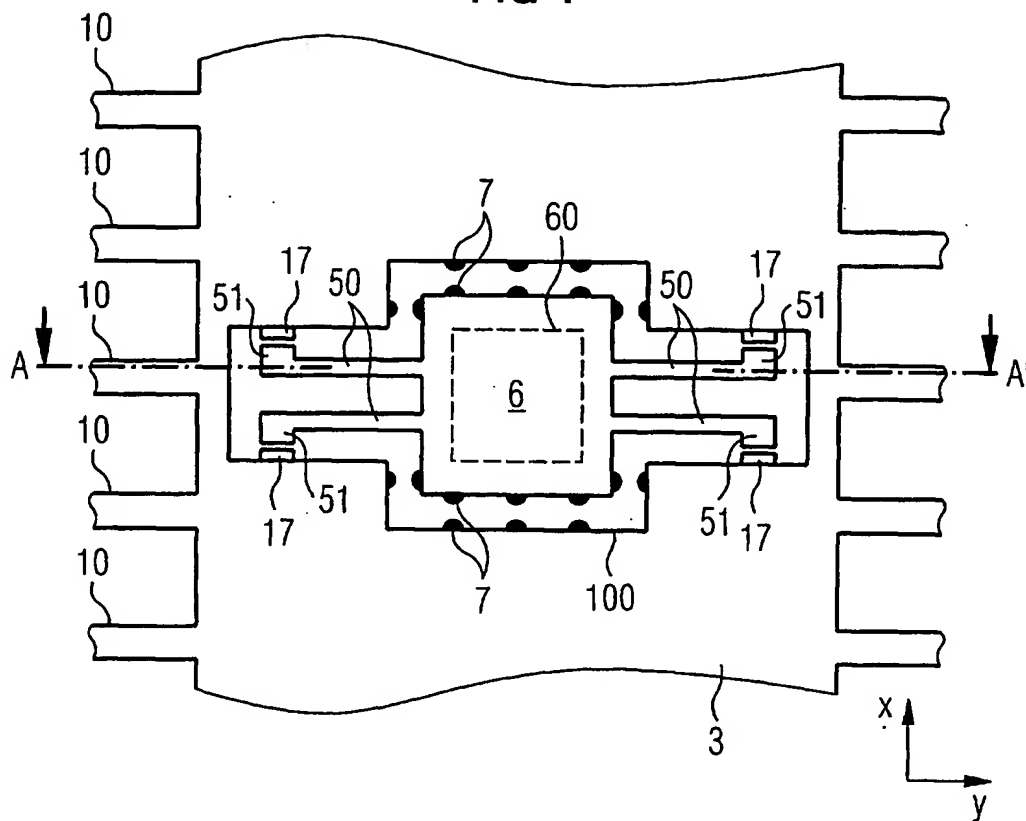
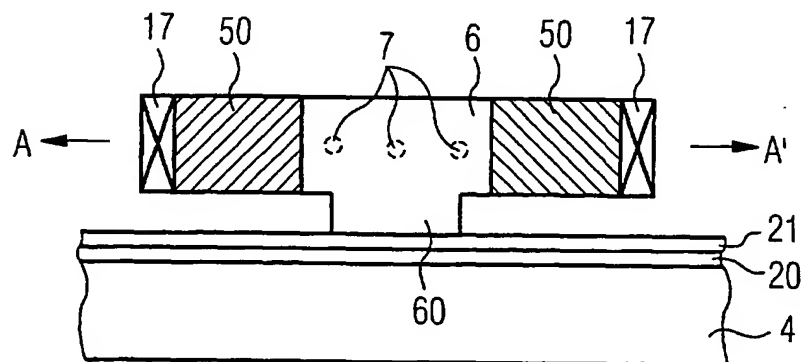


FIG 2



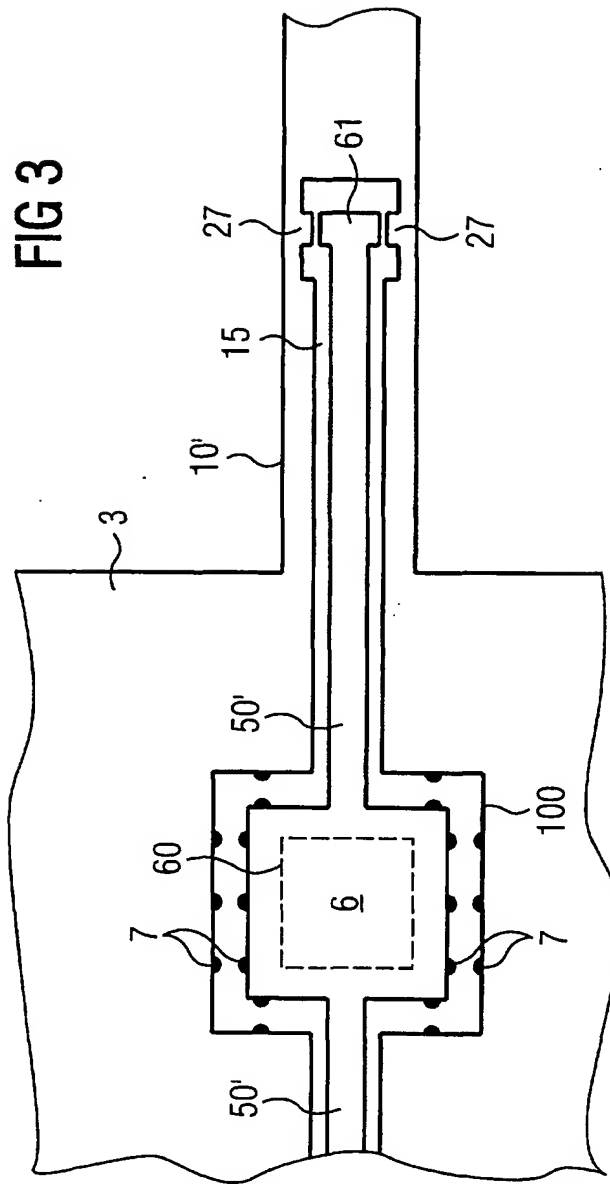


FIG 3

FIG 4

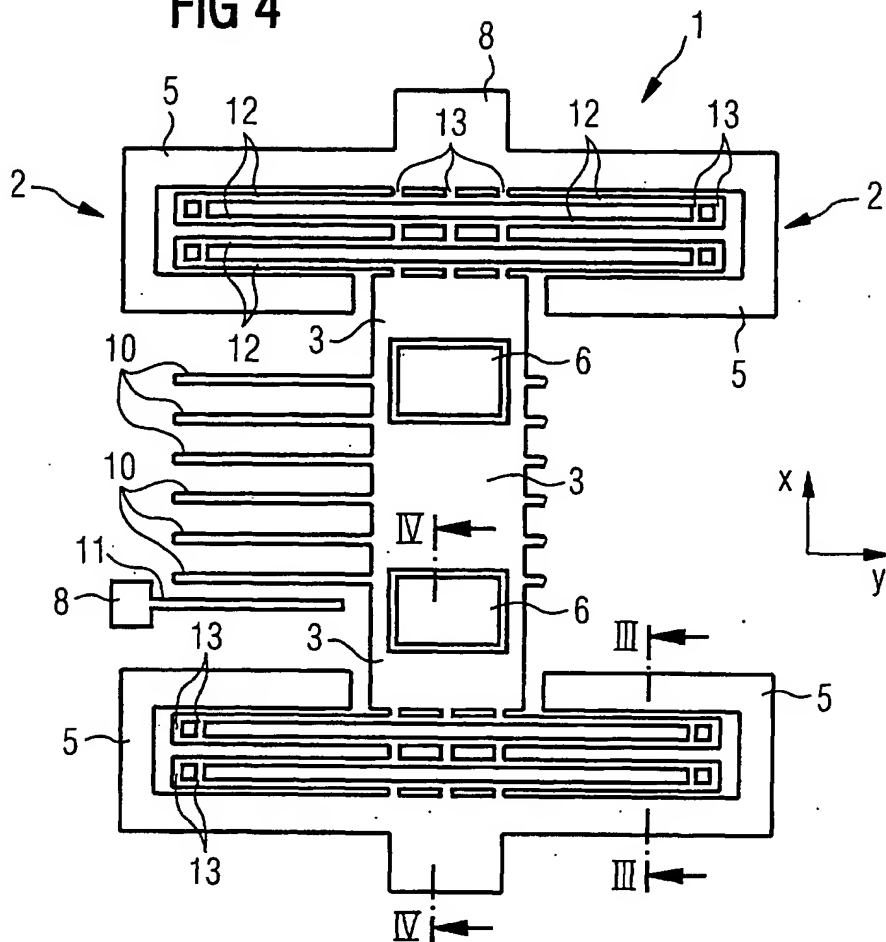


FIG 5

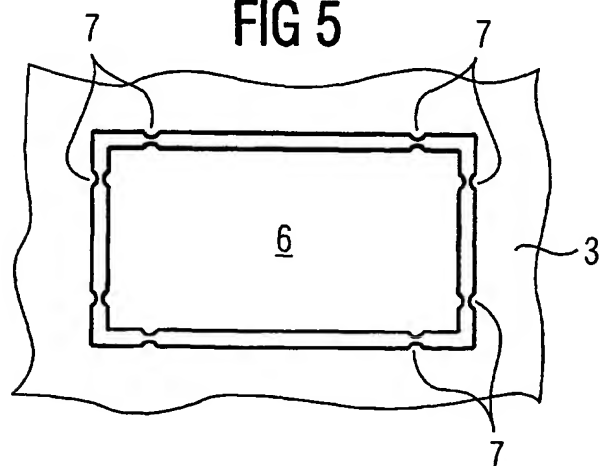


FIG 6

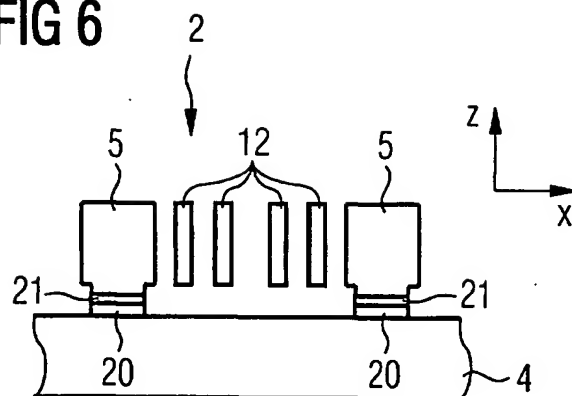
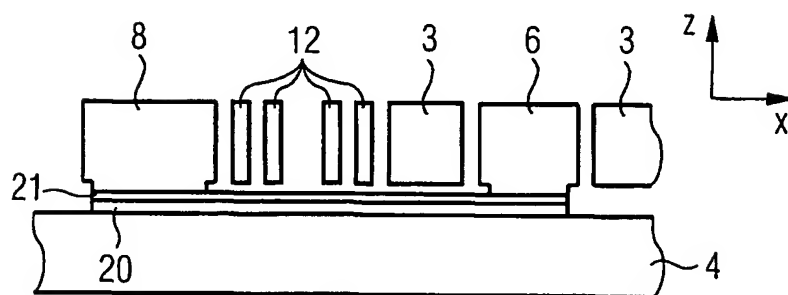


FIG 7



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.